



(12) Wirtschaftspatent

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1  
Patentgesetz

(19) **DD** (11) **220 091 B1**

4(51) E 21 B 44/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

---

(21) WP E 21 B / 257 993 3

(22) 15. 12. 83

(45) 25. 05. 88

(44) 20. 03. 85

---

(71) siehe (72)

(72) Grober, Klaus-Peter, Dr.-Ing., Helmut-Just-Straße 3, Aue, 9400; Goutier, Wolfgang, Dipl.-Ing.; Baldauf, Dieter, Dipl.-Ing., DD

---

(54) **Schaltungsanordnung einer Steuereinheit zur automatischen Durchführung eines Bohrvorganges**

---

## Patentansprüche:

1. Schaltungsanordnung einer Steuereinheit zur automatischen Durchführung eines Bohrvorganges, wobei Sensoren die Bohrparameter erfassen, der Bohr- und Vorschubantrieb hydraulisch erfolgt, Regelkreise für die Drehzahl- und Andruckregelung bestehen, die Vorgabe einer Drehzahl erfolgt, als Führungsgröße für den Bohrvorgang die Andruckkraft bzw. die Bohrgeschwindigkeit vorgesehen ist und bei Überschreiten des zulässigen Drehmomentes dieses die Führungsgröße darstellt, bis sich durch Veränderung der Andruckkraft bzw. der Bohrgeschwindigkeit und/oder der Drehzahl das zulässige Drehmoment einstellt und wobei letztlich das anstehende Drehmoment indirekt als Größe des Druckes des Volumenstromes des Bohrantriebes als Eingangsgröße an einer Regeleinheit anliegt, deren Ausgangsgröße auf die Regeleinheit für den Vorschubantrieb geschaltet ist und bei Überschreiten des zulässigen Drehmomentes am Ausgang der Regeleinheit für das Drehmoment ein Signal mit Vorzeichenumkehr anliegt, **gekennzeichnet dadurch**, daß vom Vorschubantrieb (A2) der Differenzdruck des Volumenstromes und das Fördervolumen als Eingangsgrößen auf eine Regeleinheit (RE 2) aufgegeben sind, deren Ausgangsgröße auf ein Servoventil (Y 20) geschaltet ist, welches am Vorschubantrieb (A2) anliegt, des weiteren vom Bohrantrieb (A1) die Drehzahl des Hydraulikmotors (M 11) und das Fördervolumen als Eingangsgrößen auf eine Regeleinheit (RE 1) geschaltet sind, deren Ausgangsgröße am Servoventil (Y 10) anliegt, welches dem Bohrantrieb (A1) vorgeschaltet ist.
2. Schaltungsanordnung nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Regeleinheit (RE 2) die vom induktiven Wegaufnehmer (B 23) erfaßte Schiefscheibeneinstellung der Servopumpe (P 21) über die Trägerfrequenzmeßbrücke (A 23) und dem Umschalter (S 20) am Regler (E 20) anliegt, ferner, daß die von den Druckgebern (B 21, B 22) erfaßten Drücke des Volumenstromes des Vorschubantriebes (A2) über die Gleichstrommeßbrücken (A 21, A 22) auf die Eingänge des Summiergliedes (A 20) geschaltet sind, ebenso wie der Kompensationswertgeber (S 22) und die Ausgangsgröße des Summiergliedes (A 20) gleichfalls an dem Umschalter (S 20) anliegt, wobei das Summierglied (A 20) mit dem Nullspannungskomperator (A 24) und der Digitalanzeige (A 26) verbunden ist und schließlich an den Eingängen des Reglers (E 20) ein Sollwertgeber (S 21) und der Ausgang der Regeleinheit (RE 3) anstehen.
3. Schaltungsanordnung nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Regeleinheit (RE 1) die vom Wegaufnehmer (B 12) erfaßte Schiefscheibenstellung der Servopumpe (P 11) über eine Trägerfrequenzmeßbrücke (A 12) und dem Umschalter (S 10) am Regler (E 10) anliegt, daß von Impulsgebern (B 13, B 14) über Drehrichtungsdiskriminator (A 13) und Frequenz-Analog-Wandler (A 14) der Impuls für die Drehzahl des Hydraulikmotors (M 11) auf den Umschalter (S 10) geschaltet ist, wobei dieser nach dem Drehrichtungsdiskriminator (A 13) gleichfalls auf einen Zähler (A 16) aufgegeben ist und daß ferner ein Sollwertgeber (S 11) auf den Eingang des Reglers (E 10) geschaltet ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet des Bergbaues. Zweckmäßig kommt die Erfindung bei Großlochbohrmaschinen zur Anwendung. Darunter sollen solche Bohrmaschinen verstanden sein, bei denen das Ende einer Bohrstange mit dem Bohrantrieb während des Bohrens fest verbunden ist, wobei der Antrieb vornehmlich hydraulisch erfolgt.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

In der Bohrtechnik für Erd- und Gesteinsbohrungen sind eine Vielzahl von Lösungen bekannt, welche die Erfassung von Meßdaten, vorzugsweise die Andruckkraft, das Drehmoment oder auch die Bohrdrehzahl und deren Übertragung zum Inhalt haben. So sind z. B. in den DE-OS 2433492, 2536054 u. a. Lösungen bekannt gemacht, wie die Erfassung und Übertragung der Meßwerte aus dem Bohrloch durchgeführt werden kann. Eine Rückkopplung in Form einer Steuerung und Regelung auf den Bohrprozeß lassen diese Lösungen nicht zu.

Die DE-OS 2 129356, 2 135726 bieten Lösungen zur Erfassung und Übertragung von Meßwerten aus der Bohrlochsohle zum Zwecke der Steuerung und Regelung des Bohrprozesses an. Zur Übertragung der Meßwerte wird die Bohrflüssigkeit genutzt. Im genannten Anwendungsgebiet der Erfindung läßt sich die Bohrflüssigkeit als Datenträger nicht nutzen. Auch darüber hinaus sind anderen Lösungen dieser Art verwertbare Hinweise nicht zu entnehmen. Die DE-OS 2351364 offenbart eine Lösung zur selbsttätigen Optimierung des Bohrfortschrittes für Turbinenbohrverfahren. Der Vorschlag ist gebunden an den Einsatz von Elektromotoren als Antriebsorgan. Elektrohydraulische Bohrantriebe besitzen andere Kennlinien und lassen sich deswegen vorschlagsgemäß nicht regeln.

In der DE-OS 2 252 439 ist eine selbsttätige Alarm- und Stillsetzvorrichtung beschrieben. Bei zu schnellem Eindringen des Bohrmeißels in das Gestein dient ein Signal als Anlaß zur Stillsetzung der Bohrmaschine. Es werden mit diesem Vorschlag nur bestimmte Gefahrenmomente, z. B. Bohreinbrüche während des Bohrens, erfaßt und zur Auslösung für die Stillsetzung des Bohrvorganges genutzt.

Die DD-WP 37 396 beschreibt eine Nachlaßvorrichtung für Tiefbohranlagen mit automatischer Regelung. Als Antriebsmotor der Nachlaßvorrichtung dient ein fremderregter Gleichstromnebenschlußmotor mit elektronischem Antriebsregler, dessen Drehzahl stufenlos mittels Impulsen geregelt wird, die von den jeweiligen Meßstellen (Bohrdruck, Drehmoment, Bohrfortschritt) der entsprechenden Regelkreise bei Abweichungen zwischen eingestellten Sollwerten und jeweilig vorhandenen Istwerten ausgehen. Dabei wird das Drehmoment über die Stromaufnahme des Hauptantriebsmotors mittels eines Strommeßgerätes ermittelt. Der maximal zulässige Drehmomentenwert wird mittels eines Überstromrelais eingestellt. Bei Erreichen und Überschreiten dieses maximal zulässigen Drehmomentes wird der Drehsinn der Nachlaßtrommel geändert und damit das Bohrwerk entlastet, was gleichbedeutend mit der Ausgabe eines Signals mit Vorzeichenumkehr für die Nachlaßvorrichtung ist. Diese Messung im Elektromotor als Eingangsgröße für eine exakte Regelung, wie sie der Bohrprozeß verlangt, ist einerseits zu ungenau, andererseits wegen des völlig anders gestalteten Bohrprozesses sowie der technisch anders aufgebauten Tiefbohranlagen, nicht anwendbar. Aus der Literatur ist des weiteren das Verfahren der Sigma-V-Regelung zur Führung des Bohrvorganges in der Rotary-Bohrtechnik bekannt. Mittels eines Mikrorechners erfolgt die Steuerung der Nachlaßwinde, um vor allem Brüche des Bohrgestänges bei solchen Bohrmaschinen zu vermeiden, deren Maschinenleistung über der zulässigen Belastung des Bohrgestänges liegt. Der Nachteil dieser Lösung besteht in dem hohen technisch-ökonomischen Aufwand zur Bildung des Sigma-V-Soll-/Istwertvergleiches mittels Mikrorechner und darin, daß diese nur eine Grenzwertregelung darstellt. Für den im Anwendungsgebiet genannten Einsatz der Erfindung ist deshalb dies nicht möglich und zweckmäßig. Zum Stand der Technik der direkten Meßverfahren der Bohrparameter, wie Andruckkraft und Drehmoment, ist zu sagen, daß diese sehr aufwendig, im praktischen Betrieb häufig störanfällig und über ein Versuchsstadium kaum hinausgekommen sind. Eine komplexe Lösung für die automatische Fahrweise von Bohrmaschinen der genannten Art ist nicht bekannt geworden. Bezüglich der indirekten Meßverfahren ist aus Will-Ströhl, Einführung in die Hydraulik und Pneumatik, VEB Verlag der Technik, Berlin, 1981, S. 90, bekannt, daß ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Druck eines Hydrauliksystems und dem anstehendem Drehmoment besteht.

### **Ziel der Erfindung**

Die Erfindung hat zum Ziel, durch Senkung der Stillstandszeiten, Steigerung der Arbeitsproduktivität und Erhöhung der Werkzeug- und Maschinenstandszeiten als Folge einer automatischen Regelung von Bohrmaschinen der genannten Art, den Bohrprozeß ökonomischer zu gestalten.

### **Darlegung des Wesens der Erfindung**

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Großlochbohranlage mit elektrohydraulischer Antriebskonzeption die Parameter des Großlochbohrprozesses, insbesondere die Andruckkraft und das Drehmoment, indirekt zu erfassen und die den Bohrprozeß hauptsächlich beeinflussenden Bohrparameter in einer Schaltungsanordnung so zu verarbeiten, daß die automatische Steuerung des Bohrvorganges durch Beeinflussung des elektrohydraulischen Bohr- und Vorschubantriebes entsprechend einstellbarer Sollwerte einschließlich einer handgesteuerten Fahrweise möglich ist. Zur Realisierung dieser Aufgabenstellung erfassen Sensoren die Bohrparameter in bekannter Weise.

Der hydraulische Bohr- bzw. Vorschubantrieb ist jeweils in einen Regelkreis eingebunden, welcher der Drehzahl- bzw. Andruckregelung dient. Die Sollwerte der Drehzahl und der Andruckkraft werden aus der Kenntnis der vorliegenden lithologischen Bedingungen vorgegeben.

Erfindungsgemäß liegt der Differenzdruck des Volumenstromes und das Fördervolumen des Vorschubantriebes als Eingangsgröße an einer zugehörigen Regeleinheit an, deren Ausgangsgröße auf ein, dem Vorschubantrieb zugeordnetes Servoventil geschaltet ist. Vom Bohrantrieb ist die Drehzahl des Hydraulikmotors und dessen Fördervolumen als Eingangsgröße auf eine zugehörige Regeleinheit geschaltet, deren Ausgangsgröße auf einem Servoventil für diesen Antrieb anliegt. Das am Bohrgestänge anstehende Drehmoment ist bekanntermaßen äquivalent dem Druck des Volumenstromes im Bohrantrieb und liegt als diese Größe an einer Regeleinheit an, deren Ausgang auf die Regeleinheit des Vorschubantriebes geschaltet ist. In der Regeleinheit für den Vorschubantrieb gelangen die Signale des Differenzdruckes über Gleichstrommeßbrücken zu einem Summierglied, auf welches gleichfalls ein Kompensationswertgeber geschaltet ist. Das Signal des Fördervolumens gelangt über eine Trägerfrequenzmeßbrücke zu einem Umschalter, an welchem auch der Ausgang des Summiergliedes anliegt. Die Ausgänge des Umschalters und eines Sollwertgebers sind mit dem Ausgang der Regeleinheit für das Drehmoment auf einen Regler geschaltet, dessen Ausgang dem Servoventil für die Servopumpe des Vorschubantriebes zugeht. Der Ausgang des Summiergliedes liegt noch an einem Nullspannungskomparator mit anschließender Meldeleuchte und einem Analog-Digital-Wandler mit nachfolgender Digitalanzeige an.

In der Regeleinheit für den Bohrantrieb liegt das Signal der Drehzahl an einem Frequenz-Analog-Wandler an und gelangt von diesem auf einen Umschalter, an dem gleichfalls das Signal des Fördervolumens über eine Trägerfrequenzmeßbrücke angeschaltet ist. Der Ausgang des Umschalters und ein Sollwertgeber sind auf einen Regler geschaltet, dessen Ausgang auf das Servoventil für die Servopumpe des Bohrantriebes gelegt ist. Das Signal der Drehzahl geht noch einem Zähler zu. In der Regeleinheit für das Drehmoment läuft das äquivalente Signal auf eine Gleichstrommeßbrücke zu einem Extremwertregler und von diesem auf den Regler in der Regeleinheit für den Vorschubantrieb. Der Ausgang der Gleichstrommeßbrücke liegt noch an einem Analog-Digital-Wandler mit Digitalanzeige an.

Die von Sensoren erfaßten Parameter des Vorschub- und Bohrantriebes werden in den zugehörigen Regeleinheiten elektrisch verarbeitet und danach Servoventilen zugeleitet, die als Stellglieder in dem jeweiligen Regelkreis die Stellung der Schiefscheibe der Servopumpe verändern. Die zwei verketteten Regelkreise realisieren die Andruck- und Drehzahlregelung, wobei die Sollwerte von Hand eingegeben werden. Bei Überschreiten des zulässigen Drehmomentes am Bohrgestänge beeinflußt die

dafür vorgesehene Regeleinheit den Ausgang der Regeleinheit für den Vorschubantrieb bekanntermaßen so lange, bis sich das Drehmoment in dem zulässigen Bereich befindet.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung ist die Schaltungsanordnung der Steuereinheit einer Großlochbohrmaschine dargestellt.

Der praktische Betrieb der Großlochbohrmaschine erfordert verschiedenartige Bedien- und Arbeitsweisen. So muß z. B. beim Gestängewechsel der Bohr- und Vorschubantrieb von Hand gefahren werden. Das Fahren in beiden Drehrichtungen ist erforderlich und beim Abdrehen der Bohrstange muß im Bohrantrieb ein steiler Druckanstieg, d. h. ein hohes Drehmoment realisiert werden können. Beim Bohrbetrieb hingegen sollte durch automatische Steuerung der Antriebe die Drehzahl des Bohrgestänges und der Andruck in beiden Richtungen konstant bleiben. Diesen Gegebenheiten trägt die vorgeschlagene Steuerung Rechnung.

Die Großlochbohrmaschine verfügt über einen Bohrantrieb A 1 mit dem Hydraulikmotor M 11 und der Servopumpe P 11. Der Vorschubantrieb A 2 der Großlochbohrmaschine besteht aus dem Hydraulikmotor M 21 und der Servopumpe P 21. Beide Antriebe A 1 und A 2 haben als gemeinsamen Antrieb einen Drehstrommotor MO 1.

Auf den Bohrantrieb A 1 wirkt die Regeleinheit RE 1. Dabei bewirkt der Regler E 10 über das elektrohydraulische Servoventil Y 10 eine, entsprechend am Sollwertgeber S 11 eingestellten Sollwert, proportionale Verstellung der Schiefscheibe der Servopumpe P 11. Im Handbetrieb, dies entspricht der Stellung „1“ des Umschalters S 10, wird die über dem induktiven Wegaufnehmer B 12 und die Trägerfrequenzmeßbrücke A 12 erfaßte Schiefscheibenstellung als Istwert dem Regler E 10 zugeführt. Im Automatikbetrieb, der Umschalter S 10 ist auf die Stellung „2“ gelegt, werden die über die Impulsgeber B 13 und B 14 gewonnenen und von dem Drehrichtungsdiskriminator A 13 ausgewerteten Impulse mit dem Frequenz-Analog-Wandler A 14 in ein Analogsignal umgewandelt und als Istwert dem Regler E 10 aufgeschaltet. Parallel dazu gehen diese Impulse dem Zähler mit Speicherverhalten A 16 zu und werden angezeigt, wobei die Impulszahl pro Zeiteinheit der Drehzahl des Bohrgestänges entspricht und somit eine Drehzahlanzeige realisiert ist.

Auf den Vorschubantrieb A 2 wirkt die Regeleinheit RE 2. Der Regler E 20 bewirkt dabei über das elektrohydraulische Servoventil Y 20 eine, entsprechend am Sollwertgeber S 21 eingestellten Sollwert, proportionale Verstellung der Schiefscheibe der Servopumpe P 21, wird die über den induktiven Wegaufnehmer B 23 und die Trägerfrequenzmeßbrücke A 23 erfaßte Schiefscheibenstellung der Servopumpe P 21 als Istwert dem Regler E 20 zugeführt. Im Automatikbetrieb, der Umschalter S 20 liegt auf der Stellung „2“, erfolgt die Bildung des Istwertes durch Summierung der als Signal vorliegenden Vorschubkraft und einer Kompensationsgröße, die der Masse der mit dem Bohrgestänge verbundenen Totlasten proportional ist. Die Vorschubkraft erfaßt die Druckgeber B 21 und B 22 und die nachgeschalteten Gleichstrommeßbrücken A 21 und A 22. Das Ergebnis gelangt als elektrisches Signal ebenso wie die über den Kompensationswertgeber S 22 bereitgestellte Kompensationsgröße auf die Eingänge des Summiergliedes A 20. Die Kompensation der Masse des Bohrgestänges sowie der Totlasten erfolgt, indem im Handbetrieb der Bohrkopf von der Bohrlochosole freigefahren und der Kompensationswertgeber S 22 so lange verstellt wird, bis die Kompensationsgröße der von dem Vorschubantrieb A 2 erzeugten Vorschubkraft entspricht. Dieser Zustand wird über den dem Ausgang des Summiergliedes A 20 nachgeschalteten Nullspannungskomparator A 24 erkannt und durch die Meldeleuchte H 20 angezeigt. Über den parallel geschalteten Analog-Digital-Wandler A 25 kommt die am Bohrkopf tatsächlich wirkende Andruckkraft an der Digitalanzeige A 26 zur Anzeige. Nach dem Masseabgleich ist durch Umschaltung des Umschalters S 20 der Automatikbetrieb möglich. Die Gleichstrommeßbrücken A 21 und A 22 sind so gestaltet, daß entsprechend der durch die Druckgeber B 21, B 22 gemessenen Werte eine elektrische Differenzbildung erfolgt, was der entsprechenden Bewegungsrichtung des Bohrgestänges entspricht. Beim drückenden Bohren wird der resultierende Istwert am Regler E 20 durch Summierung der Kompensationsgröße verkleinert, so daß der Vorschubantrieb A 2 bei gleichem Sollwert eine größere Vorschubkraft erzeugt. Beim ziehenden Bohren wird der Istwert des Reglers E 20 vergrößert, so daß bei größerer Masse des Bohrgestänges und gleichem Sollwert vom Vorschubantrieb A 2 geringere Vorschubkräfte erzeugt werden müssen. Das Drehmoment am Bohrgestänge erfaßt indirekt der Druckgeber B 11 durch Messung des Hydraulikdruckes im Bohrantrieb A 1. Das gewonnene Signal wird auf die Regeleinheit RE 3 geschaltet und da selbst durch die Gleichstrommeßbrücke A 11 aufbereitet. Der Ausgang der Gleichstrommeßbrücke A 11 liegt einerseits an dem Grenzwertregler E 12 und andererseits an dem Analog-Digital-Wandler A 15 an. Letzterer dient der Anzeige des Drehmomentes durch die Digitalanzeige A 17. Der Grenzwertregler E 12 ist in seiner Funktion so beschaltet, daß bei Überschreiten des zulässigen Drehmomentes ein Signal an dem Regler E 20 der Regeleinheit RE 2 erfolgt. Dieses Signal beeinflusst die Funktion des Reglers E 20 so lange, bis sich durch Verriegelung der Vorschubkraft im Vorschubantrieb A 2 ein Drehmoment unterhalb der zulässigen Größe einstellt.

Zur Kontrolle der Bohrgeschwindigkeit der Großlochbohrmaschine werden über die Impulsgeber B 24, B 25 Drehzahlimpulse vom Vorschubantrieb A 2 abgegriffen, über den Richtungsdiskriminator A 27 aufbereitet, pro Zeiteinheit gezählt und in der Digitalanzeige A 28 angezeigt. Außerdem werden die wichtigsten Bohrparameter, wie Drehzahl des Bohrgestänges, dessen Drehmoment und Andruckkraft, welche als Analogsignale REG 1, REG 2, REG 3 in den zugehörigen Regeleinheiten RE 1, RE 2, RE 3 vorliegen, mit einem Schreiber registriert. Somit ist die Möglichkeit gegeben, den Bohrprozeß zu dokumentieren. Des weiteren werden die beiden verketteten Regelkreise des Bohrantriebes A 1 und des Vorschubantriebes A 2 durch eine übergeordnete Steuerung, die in der Zeichnung nicht dargestellt ist, überwacht. Zu diesem Zweck werden mittels Sensoren der Fülldruck und der Zustand der Filter im Bohrantrieb A 1 und Vorschubantrieb A 2, die Öltemperatur und der Ölstand im Behälter der Haupt- und Hilfshydraulik, die Schwingungsparameter der Großlochbohrmaschine und die Endlagen des Vorschubantriebes A 2 überwacht. Die entsprechenden Signale werden in einem Störungsspeicher verarbeitet, zur Störungsmeldung genutzt und führen im Falle einer Gefahr zur Abschaltung der Antriebe.

